

ANALISA PENGARUH KOMPOSISI GULA TERHADAP *THICKENING TIME* DALAM SEMEN PEMBORAN

Ellyza Amanda Febillia^{1*}, Ezra Jeremia Nathanael¹, Ahmad Argha Fahreza¹,
Purnomosidi¹, Edi Untoro¹

¹Teknik Produksi Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Indonesia

*E-mail: ellyza0008@gmail.com

ABSTRAK

Pada industri pemboran gula telah digunakan untuk operasi *Cementing* yang berfungsi sebagai *retarder* atau penghambat waktu ikat pada *slurry cement*, sehingga *slurry cement* tersebut dapat digunakan sesuai dengan mutu dari rancangan awal pada saat awal perancangan komposisi dari penyemenan. Tetapi banyak ahli yang memperdebatkan hal tersebut karena pengaruh gula pada *slurry cement* dapat menghasilkan hasil yang berbeda, percepatan ataupun perlambatan dari *slurry cement* tergantung dari konsentrasi gula tersebut yang dicampurkan, tetapi kebanyakan ahli menganggap gula sebagai penghambat dari *thickening time* dari sebuah *cement*. Uji laboratorium *thickening time* dilakukan menggunakan konsentrasi gula yang berbeda. Dan hasil dari penelitian tersebut tidak semuanya sesuai dengan tanggapan para ahli, jika gula dalam konsentrasi kecil maka gula akan berperan menjadi penghambat pada waktu pengerasan dari *cement* dan jika gula ditambahkan dalam konsentrasi yang besar maka gula akan berperan sebagai akselerator pada pengerasan *cement*.

Kata kunci: *Thickening Time, Slurry Cement, Sugar Concentration, Retarder, Pemboran*

1. PENDAHULUAN

Dalam hal lain beton sering kali mengalami *setting* dalam waktu yang singkat pada saat akan melakukan penyemenan. Suhu yang tinggi di Indonesia menjadi kendala untuk mendapatkan *readymix concrete* yang baik dan sesuai syarat ketika akan melakukan penyemenan. Oleh karena itu, untuk memperlambat waktu ikat dari *slurry cement* diperlukan bahan tambah berupa *retarder* yang dapat menghasilkan beton *readymix* yang mampu mempertahankan mutu sesuai rancangan. *Retarder* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat atau penundaan waktu pengikatan pada *slurry cement*. *Retarder* umumnya memperlambat pengerasan pasta semen dengan menghentikan set cepat yang ditunjukkan oleh trikalsium aluminat tetapi tidak mengubah komposisi produk hidrasi [1]. Gula, turunan karbohidrat dan beberapa garam menunjukkan tindakan memperlambat [1]. Gula termasuk jenis penghambat yang dapat menahan pengaturan dan pengerasan tanpa batas waktu dan Forsén menyebutnya sebagai 'perusak semen' [2]. Diyakini bahwa *retarder* memodifikasi pertumbuhan atau morfologi kristal, menjadi diserap pada membran yang terbentuk dengan cepat semen terhidrasi dan memperlambat pertumbuhan inti kalsium hidroksida sehingga membentuk sebuah penghalang yang lebih efisien untuk hidrasi lebih lanjut daripada dibandingkan dengan kasus tanpa *retarder* [1]. Terdapat perbedaan antara rekomendasi penambahan konsentrasi gula yang digunakan dalam bubur semen yang akan digunakan untuk penyemenan sumur yang ditempatkan pada bak penampung semen, penambahan gula tersebut bertujuan agar semen tersebut tidak mengeras sebelum diinjeksikan kedalam sumur. Efeknya lainnya bisa juga dapat menyebabkan mempercepat pengerasan bubur semen tergantung konsentrasi gula yang ditambahkan pada *slurry cement*.

Terdapat beberapa saran perusahaan jasa yang berbeda, terdapat perbedaan antara rekomendasi konsentrasi gula yang digunakan yang digunakan di lapangan saat ini untuk memperlambat *slurry* semen:

- Schlumberger merekomendasikan penggunaan gula dalam konsentrasi sekitar 5 lbs gula/bbl *slurry* semen[6].
- BJ Services menggunakan gula sebagai penghambat dalam konsentrasi berkisar antara 10 hingga 20 lbs gula/bbl *slurry* semen[7].
- Halliburton Energy Services menggunakan 5% BWOW (berat air) gula sebagai konsentrasi untuk menunda pengaturan semen, Konsentrasi gula ini ditambahkan ke air dan kemudian dicampur dengan *slurry*; ini setara dengan 10 lbs gula/bbl *slurry*. Dalam semua aplikasi ini, gula hanya digunakan sebagai penghambat; namun ada beberapa bukti efek lainnya[8].

Bahan tambahan digunakan untuk memperlambat hidrasi beton (bubur semen). Bahan ini berfungsi untuk memperlambat waktu perkerasan beton dalam waktu yang lebih lama dibandingkan dalam keadaan normal, bahan tambahan yang biasa digunakan antara lain *sucrose* (gula pasir) [11]. Gula pasir adalah salah satu bahan tambahan pemerlambat yang sangat efisien, akan tetapi tidak praktis karena dengan dosis yang sedikit dapat memperlambat proses hidrasi yang cukup lama. Dalam kasus yang khusus, penambahan 0,1% gula pasir per berat semen dapat meningkatkan waktu pengaturan awal 4 jam sampai 14 jam, sementara 0,25% mungkin dapat menunda sampai 6 hari [3].

Saat gula pasir bereaksi pada proses perkerasan beton semen *portland*, gula pasir bereaksi dengan *calcium hydroxide* semen membentuk *calcium saccharate*. Pada saat reaksinya berlanjut, hilangnya *calcium hydroxide* menghancurkan struktur normal dari perkerasan semen dan menghasilkan mortar yang lebih lembek dan mengurangi kekuatan sementara dari beton. Gula pasir juga merupakan bahan tambahan pemerlambat yang sangat kuat pada saat proses *setting portland cement* dan termasuk dalam salah satu bahan tambahan pemerlambat *lignosulfonate*. Dengan sedikit dosis campuran gula pasir pada proses pembuatan beton, dapat memberikan solusi lebih baik dalam penguluran waktu perkerasan, reaksi, dan kristalisasi dari setting normal tanpa mempengaruhi *properties* dan pengerasan beton. Dengan menggunakan kurang lebih 0,05% dari berat semen dapat menghasilkan perlambatan pengerasan beton hingga satu hari [8]. Masih minimum informasi tentang gula yang digunakan sebagai akselerator.

Cara kerja *retarder* dalam proses pemerlambat waktu ikat awal adalah dengan memecah senyawa residu hasil reaksi hidrasi semen berupa Ca(OH)_2 atau yang biasa disebut kalsium hidroksida menjadi OH dan garam Ca. Retarder akan membungkus butir semen dengan OH sehingga memperlambat reaksi awal dari hidrasinya. Terbentuknya garam Ca dalam air mengurangi konsentrasi ion Ca dan memperlambat kristalisasi selama fase hidrasi [11]. Bahan ini berfungsi untuk memperlambat waktu pengerasan beton dengan memberikan waktu yang lebih lama dibandingkan dalam keadaan normal. Empat teori utama telah diajukan.

- Teori Adsorpsi: retardasi terjadi karena adsorpsi *retarder* ke permukaan produk hidrasi, sehingga menghambat kontak dengan air.
- Teori Presipitasi: *retarder* bereaksi dengan kalsium dan/atau hidroksil dalam fase berair, membentuk lapisan yang tidak larut dan kedap air di sekitar butiran semen.
- Teori Nukleasi: *retarder* mengadsorpsi pada inti produk hidrasi, meracuni pertumbuhannya di masa mendatang.
- Teori Kompleksasi: ion kalsium diklat oleh *retarder*, mencegah pembentukan inti.

Tindakan *retarder* (penghambatan) gula telah dikaitkan dengan mekanisme yang didasarkan pada penyerapan dan peracunan permukaan hidrat. Campuran penghambat set

mengandung gugus α -hidroksi-karbonil (HO-C-C=O), dan tindakan penghambatan monosakarida dan disakarida pereduksi disebabkan oleh kemampuannya untuk diubah menjadi asam sakarinat oleh alkali encer dan karenanya teradsorpsi dengan kuat ke partikel semen melalui gugus α -hidroksi karbonil. Selain itu, gula dan asam gula teradsorpsi ke ion Ca^{2+} yang membentuk permukaan bermuatan positif dari partikel *trikalsium silikat* (C_3S) yang menghidrasi. Penghambatan nukleasi diperkirakan terjadi ketika situs nukleasi *kalsium silikat hidrat* (CSH) pada permukaan yang awalnya bermuatan positif diracuni oleh anion gula-asam yang teradsorpsi. Mekanisme presipitasi juga telah disarankan. Satu teori mengusulkan bahwa penambahan 1% gula ke dalam bubuk semen akan meningkatkan konsentrasi kesetimbangan CaO , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 dan bahwa gula bergabung dengan spesies ini untuk membentuk kompleks logam-organik yang tidak larut, yang melapisi butiran semen dan menghambat hidrasi. Dalam teori lain ada yang mengusulkan bahwa gula bergabung dengan kapur untuk membentuk *kalsium saccharate* dan karenanya kelarutan alumina dalam larutan meningkat, pengendapan gel alumina-silika yang kekurangan kalsium terjadi yang menutupi partikel semen dan hidrasi sangat terhambat [9].

Sistem yang diuji disiapkan dengan menambahkan gula ke dalam air dan membiarkannya larut, kemudian gula-air ini ditambahkan ke *mixer* tipe *propeller* dengan dua kecepatan, tempat bubuk semen dicampur sesuai dengan spesifikasi *American Petroleum Institute* (API). Kepadatan (dengan keseimbangan lumpur bertekanan), rheologi, waktu pengentalan, dan kekuatan tekan bubuk semen tanpa gula dan dengan konsentrasi gula yang berbeda diukur. Selain itu, pengujian diduplikasi untuk akurasi yang lebih baik.

Seperti yang telah dilakukan penelitian, hasil yang dapat diamati sesuai dengan yang diharapkan. Pada percobaan tersebut, gula bertindak sebagai penghambat dalam kondisi konsentrasi gula pada bubuk semen rendah, tetapi akan berfungsi sebagai akselerator jika konsentrasi gula dalam bubuk semen tinggi. Pada penelitian tersebut, terlihat gula dalam jumlah konsentrasi sedikit berfungsi sebagai *retarder*. Gula digunakan dalam memproduksi penghambat [5]. tetapi saat konsentrasi gula mulai ditambahkan, waktu pengerasan bubuk semen mulai menurun perlahan. Peningkatan pada awal dan waktu pengaturan akhir terlihat jelas hingga kadar gula kadar gula 0,06%. Pengurangan waktu pengaturan dimulai dari kadar gula 0,08% dan flash pengaturan terjadi dari 0,2% hingga 1%. Pasta semen sampel pada suhu *curing* yang meningkat yang mengandung 1% gula telah dilaporkan mengalami hidrasi yang sangat cepat [4].

2. METODE

Untuk pengujian ini, semen Portland dan gula pasir yang umum digunakan Sistem yang diuji disiapkan dengan menambahkan gula ke air dan membiarkannya larut, kemudian air gula ini ditambahkan ke *mixer* tipe baling-baling dua kecepatan di mana bubuk semen dicampur sesuai dengan spesifikasi *American Petroleum Institute* (API). Kepadatan (dengan keseimbangan lumpur bertekanan), rheologi, pengentalan waktu dan kekuatan tekan bubuk semen tanpa gula dan dengan konsentrasi gula yang berbeda diukur. Selain itu, pengujian diduplikasi untuk akurasi yang lebih baik. Dan dilakukan dengan komposisi Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Komposisi *Slurry Cement*

<i>Sugar (%)</i>	<i>Slurry Vol. (ft³)</i>	<i>Slurry Vol. (bbl)</i>	<i>Sugar Conc. (lbs/bbl of slurry)</i>
1	0.00902	0.00718	4.47

5	0.00902	0.03591	22.35
10	0.00902	0.07182	44.7

Hasil dari pengujian pada Tabel 2 ini menunjukkan bahwa gula bisa menjadi penghambat atau akselerator tergantung pada konsentrasi gula yang digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi hasil yang tidak terduga, melakukan lebih banyak pengujian, dan mencoba untuk menemukan konsentrasi gula sekitar yang tidak memiliki berpengaruh pada waktu pengentalan bubuk.

Tabel 2. Waktu pengerasan untuk setiap konsentrasi gula pada suhu 80 °C dan tekanan 200 psi.

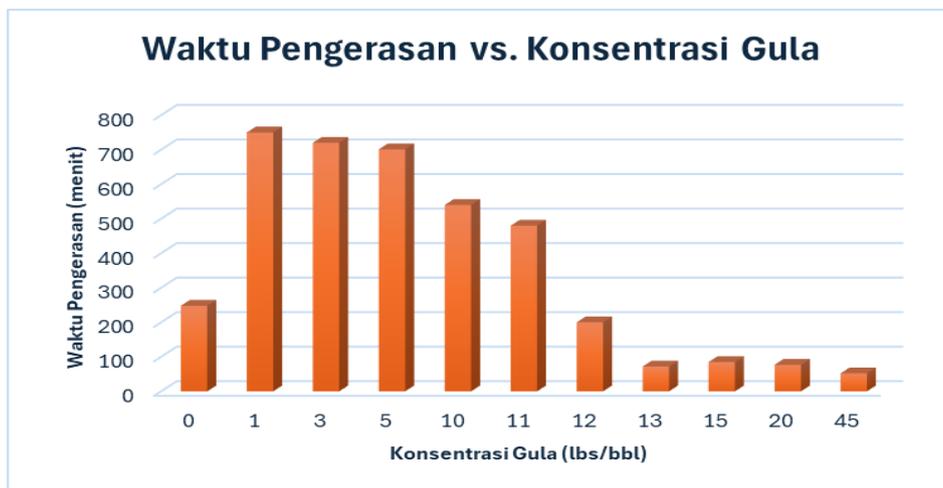
Konsentrasi Gula (lbs/bbl)	Waktu Pengerasan (menit)
0	248
1	750
3	720
5	701
10	540
11	480
12	200
13	72
15	85
20	77
45	52

Waktu pengentalan untuk bubuk semen murni (tanpa gula) diamati sekitar 4 jam. Konsentrasi gula yang netral, yang tidak mempengaruhi waktu pengentalan pada bubuk semen

tersebut. Kekuatan tekan dari *slurry* semen dengan konsentrasi gula yang berbeda juga diukur, dalam tes, efek gula dalam hidrasi semen diamati dan dapat dilihat bahwa pada konsentrasi gula tinggi, di mana waktu pengentalan semen berkurang, dengan demikian menunjukkan bahwa hidrasi butiran semen terhambat oleh gula. menunjukkan hasil kekuatan tekan untuk berbagai konsentrasi gula pada tekanan 200 psi. Ketika gula digunakan sebagai penghambat yang ditetapkan, itu bisa sangat parah mengurangi kekuatan awal beton, tetapi itu setelah sekitar tujuh hari terjadi peningkatan kekuatan beberapa persen dibandingkan dengan campuran yang tidak dihambat [1].

3. PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa gula dapat menjadi *retarder* ataupun akselerator tergantung dari konsentrasi gula tersebut. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengujian lebih lanjut dan mencoba menemukan konsentrasi gula sekitar yang tidak berpengaruh pada waktu pengentalan bubuk. Gula hanya digunakan sebagai penghambat untuk menunda pengerasan pada semen yang terkumpul pada tangki penampung sebelum diinjeksikan ke dalam sumur [4].



Gambar 1. Perbandingan Konsentrasi Gula (lbs/bbl) vs. Waktu Pengerasan (menit)

Pada konsentrasi tinggi, gula bertindak sebagai "pengakselerasi" untuk *slurry* semen. Kekuatan tekan yang sangat rendah yang diperoleh untuk konsentrasi gula yang tinggi menunjukkan bahwa pengurangan waktu pengentalan yang dicapai tidak disebabkan oleh hidrasi semen dan kualitas buruk dari semen yang mengeras diamati. Ditemukan bahwa penambahan gula dalam konsentrasi apa pun menghilangkan kekuatan tekan bubuk semen. Pada konsentrasi hingga sekitar 11 lbs/bbl, gula bertindak sebagai penghambat semen dan pada konsentrasi di atas 13 lbs/bbl, gula mendorong penguatan awal *slurry* semen yang tidak akan mengembangkan kekuatan signifikan seiring waktu tetapi akan membuatnya tidak dapat dipompa. Konsentrasi gula *ambient* diperkirakan sekitar 11,6 lbs/bbl yang menghasilkan waktu pengentalan mendekati *slurry* semen murni.

Akselerator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengurangi waktu pengerasan semen dan sebagai alat peningkat laju pengembangan kekuatan tekan. Garam anorganik (CaCl_2 , dan NaCl) merupakan akselerator semen yang paling umum. Upaya yang dilakukan untuk menemukan teori yang menjelaskan efek percepatan gula [9]. Penjelasan yang agak sederhana adalah bahwa penambahan gula ke bubuk tanpa mengubah kadar air akan mengikat

air yang tersedia dengan gula dan membuat bubur tidak dapat dipompa karena kekurangan air yang dibutuhkan untuk hidrasi semen. Ketika bubur dengan konsentrasi gula tinggi diaduk, bubur tersebut sangat cair dan dapat dipompa, mirip dengan bubur semen murni. Namun, setelah membiarkan bubur tersebut stagnan, bubur tersebut akan cepat mengental dan mengeras (semen yang mengeras ketika terkena mata atau tangan). Jika pengentalan terjadi karena kekurangan air, maka bubur tersebut akan menunjukkan reologi yang tinggi terlepas apakah diaduk atau dibiarkan statis. Jika gula ditambahkan dalam jumlah besar ke dalam air pencampur bubur semen, sebagian besar gipsum digabungkan dalam waktu sekitar 3 menit. Konsentrasi gula yang tinggi dapat menyebabkan pengerasan yang sangat cepat, yang merupakan set awal, tetapi tidak banyak pengembangan kekuatan lebih lanjut yang dicapai karena gula sangat menghambat hidrasi C3S. Trikalsium Aluminat (C3A) merupakan komponen yang sangat menentukan ketahanan semen terhadap senyawa-senyawa sulfat. Makin rendah kadar C3A dalam semen, makin tahan semen terhadap serangan sulfat. Reaksi hidrasi C3A merupakan sumber panas terbesar diantara reaksi hidrasi senyawa-senyawa lainnya [9].

Pengerasan yang dipercepat dari semen *Portland* di hadapan gula disebabkan oleh peningkatan pembentukan *ettringite* segera setelah pencampuran. Laju kristalisasi *ettringite* juga mempengaruhi ukuran kristal. *Slurry* semen murni memiliki sedikit dan kristal *ettringite* yang besar dibandingkan dengan banyak kristal kecil yang ada dalam sistem semen dengan gula. Penguatan cepat yang diamati dalam *slurry* dengan gula dikaitkan dengan pembentukan struktur kristal *ettringite* halus, yang menghubungkan partikel padat satu sama lain. Jika semen dicampur dengan air selama satu atau dua menit sebelum menambahkan gula, peningkatan konsistensi yang lebih sedikit diamati dibandingkan dengan yang dicapai dengan menambahkan jumlah gula yang sama pada awal pencampuran air. Alasan untuk perubahan ini dalam sifat *slurry* adalah bahwa reaksi normal semen dan air diizinkan untuk terjadi sebelum menambahkan aditif organik.

4. SIMPULAN

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan gula saat ini digunakan di lapangan untuk penundaan *slurry* semen. Dalam uji laboratorium yang dilakukan dalam pengujian ini, gula ditambahkan ke air dan dicampur bersama dengan semen. Terdapat hasil yang berbeda dalam waktu pengentalan. Efek gula pada waktu pengentalan *slurry* semen tergantung pada konsentrasi gula yang ditambahkan, gula dapat berperan menjadi penghambat maupun pemercepat waktu pengerasan pada semen. Ada ketidaksesuaian dalam konsentrasi gula yang direkomendasikan sebagai penghambat oleh berbagai perusahaan layanan semen dan beberapa berada dalam rentang yang terbukti "mempercepat" *slurry*. Rentang konsentrasi gula yang paling direkomendasikan saat ini digunakan sebagai penghambat adalah sebesar 5 hingga 10 lbs/bbl sebagai konsentrasi yang sesuai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Neville, A.M. *Properties of concrete*. 4th ed., Dorling Kindersley, New Delhi, India, 2006.
- [2] Lea, F.M. *The chemistry of cement and concrete*. 3rd ed., Edward Arnold, London, UK, 1988.
- [3] Myrdal, Roar, *Retarding Admixture for Concrete State of the Art, Advanced Cementing Materials Controlling Hydration Development, Concrete Innovation Center (COIN), SINTEF Building and Infrastructure*, Trondheim, Norwegia, 2007.
- [4] Garci Juenger, M.C, and Jennings, H.M. *New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes. Cement and Concrete Research* 32(3): 393-9, March, 2002.
- [5] Shetty, M.S. *Concrete technology - theory and practice*. 5th ed., S. Chand and Co. Ltd., Ram Nagar, New Delhi, India, 2004.

- [6] Dyer, John; Schlumberger *Cementing, Private 3 Communication*, 2006
- [7] Wojtanowicz, A.K., and Lewis, A.: *Effect of Sugar 2 on Oilwell Cement, unpublished data*, 2006
- [8] Arceneaux, Cory; Halliburton *Energy Services, Private Communication*, 2007.
- [9] Nelson, Erik. B.: "*Well Cementing*", Schlumberger *Educational Services*, 1990.
- [10] Meyer, LM and Perenchio, W.F.: "*Theory of Concrete Slump Loss as Related to the Use of Chemical Admixtures*", *Concrete International*, Vol. 1, Issue 1, pp. 36-43, January 1979.
- [11] Sabrina, et al. "Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Bahan *Retarder* Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Dengan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi." Universitas Sebelas Maret, 2007.